

549395

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
23 de Septiembre de 2004 (23.09.2004)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2004/081879 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: G06T 17/20

(74) Mandatario: CARPINTERO LÓPEZ, Francisco; Her-
rero & Asociados, S.L., Alcalá, 35, 28014 MADRID (ES).

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2003/000117

(81) Estados designados (*nacional*): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Fecha de presentación internacional:

14 de Marzo de 2003 (14.03.2003)

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(71) Solicitante e

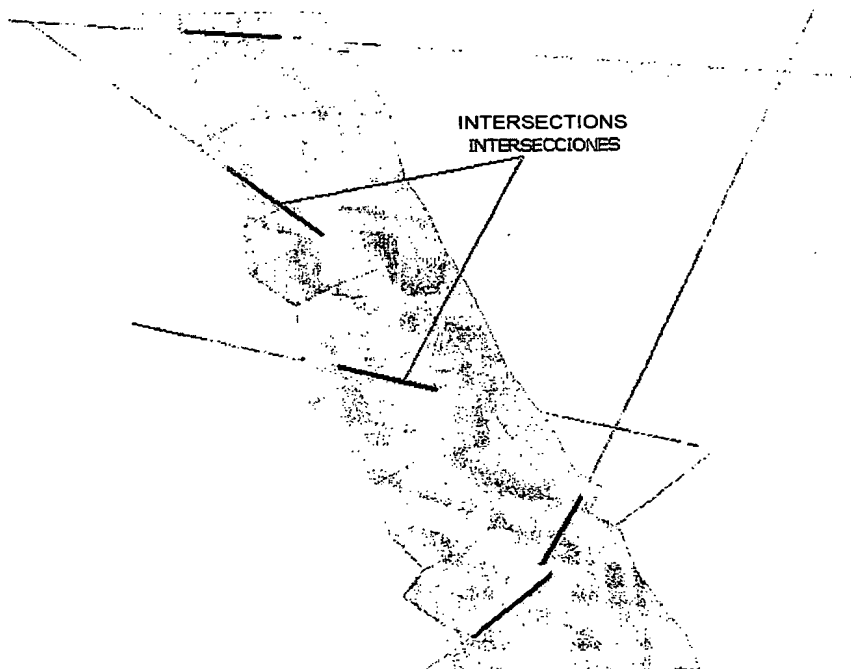
(72) Inventor: CASTAÑON FERNANDEZ, Cesar [ES/ES];
Avenida Pedro Masaveu, 17F - 5º Izq., 33007 OVIEDO
(Asturias) (ES).

(84) Estados designados (*regional*): patente ARIPO (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), patente
euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD OF DETERMINING THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF A THREE-DIMENSIONAL BODY

(54) Título: MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UN CUERPO TRIDI-
MENSIONAL



(57) Abstract: The invention relates to a method of determining the physicochemical properties of a three-dimensional body. The inventive method comprises the following steps consisting in: (a) generating a database (BDS) which contains the data from soundings that define the physicochemical properties and situation of the aforementioned three-dimensional body; (b) defining the surface (T1) at the spatial centre of the three-dimensional body by means of triangulation; (c) defining a cloud of points (NPS) on T1, which is generated at regular spacing along the main directions of said three-dimensional body; (d) using the linked triangle formation between the NPS points to generate a new surface (T2) which is very similar to T1 but which has a format suitable for graphical representation and interpolation; (e) using any interpolation method in order to calculate the properties

of the NPS points from the sounding database BDS; (f) generating a new database (BDT2) from the triangles of surface T2, which contains, for each triangle, the data of the co-ordinates of the vertices, the results of the interpolation of the vertices and the area of said triangle in space; (g) generating reports with the desired information from database BDT2; and (h) generating three-dimensional representations from database BDT2.

[Continúa en la página siguiente]

WO 2004/081879 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional

(57) Resumen: El método de la invención para determinar las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional comprende las siguientes etapas: a) generar una base de datos (BDS) que contiene los datos de los sondeos que definen la situación y propiedades físico-químicas del cuerpo tridimensional, b) definir la superficie (T1) en el centro espacial del cuerpo tridimensional mediante triangulación, c) definir sobre T1 una nube de puntos (NPS) generada con espaciamientos regulares en las dos direcciones principales del cuerpo tridimensional, d) generar, mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos NPS, una nueva superficie (T2), que será muy parecida a T1 pero con el formato adecuado para la interpolación y representación gráfica, e) calcular, por cualquier método de interpolación, las propiedades de los puntos de NPS a partir de la base de datos de los sondeos BDS, f) generar una nueva base de datos (BDT2), partiendo de los triángulos de la superficie T2 y que contiene, para cada triángulo, los datos de las coordenadas de los vértices, los resultados de la interpolación de los vértices, así como el área de ese triángulo en el espacio, g) generar informes con la información deseada a partir de la base de datos BDT2, y h) generar representaciones gráficas tridimensionales a partir de la base de datos BDT2.

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UN CUERPO TRIDIMENSIONAL

CAMPO DE LA INVENCION

5

La invención se relaciona con la determinación de las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional, concretamente la invención se refiere a un método para la determinación de las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional. En particular, la invención se refiere a un método para la determinación de los recursos o reservas mineras de un cuerpo mineral o capa mineral.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

En el estado de la técnica se conocen diferentes métodos para la determinación de las propiedades físico-químicas de cuerpos tridimensionales. En particular, para la determinación de los recursos o reservas mineras de un cuerpo mineral o capa mineral, es decir, para el cálculo de recursos geológicos o reservas mineras en cuerpos minerales en forma de capa, los métodos preferentemente utilizados son:

20

25

Método de las secciones: a partir de sondeos situados en secciones que cortan el cuerpo mineral se realizan cálculos mediante los cuales se obtienen las leyes en cada sección. A continuación se calcula el área de cada sección y ésta se multiplica por la mitad de la distancia a las secciones anterior y posterior para obtener así el volumen. Si bien este método presenta como ventaja el hecho que se puede aplicar a todo tipo de capas aunque estén muy plegadas, presenta bastantes desventajas como son que cada vez que se cambie un parámetro de cálculo, como puede ser la ley de corte, se necesita reiniciar todo el proceso; que como se realiza un cálculo de leyes en cada sección, no se puede utilizar una dirección de interpolación; que los sondeos que no estén en las secciones del cálculo se deben de proyectar a las más cercana, complicando el proceso y, finalmente, que el método de las secciones es muy difícil de informatizar.

30

35

Método de los polígonos: este método consiste en proyectar los centros de

las intersecciones sobre un plano y asignar a cada intersección un polígono definido por el método de las bisectrices perpendiculares o angulares. Cada polígono tendrá las leyes y potencias de la intersección que está en el centro. Si bien este método es fácil de aplicar e informatizar, presenta las siguientes desventajas: no se puede aplicar a capas plegadas; no se realiza un cálculo por interpolación de varios sondeos, por lo que las leyes obtenidas son demasiado optimistas y, además, no trabaja en tres dimensiones.

Método de los triángulos: este método consiste en proyectar las intersecciones de la capa mineral a un plano y definir los triángulos que se forman uniendo los vértices por triangulación. A cada triángulo se le aplica la potencia y leyes de las medias de las intersecciones que están en los vértices. De igual forma que el método anterior, este método es fácil de aplicar e informatizar, pero no se puede aplicar a capas plegadas ni trabaja en tres dimensiones.

Método de los bloques: este método consiste en *dividir* la zona de cálculo en bloques (paralepípedos) y calcular las propiedades de cada bloque interpolando con las intersecciones que tiene alrededor. Este método es el más utilizado normalmente, pero tiene como desventaja el que para cuerpos minerales con forma de capa, al tratarse de paralepípedos, la forma *geométrica* de la capa no se parece a la forma *geométrica* que nos representan los bloques y en capas estrechas resulta aún mas complicado.

Así pues, existe en el estado de la técnica la necesidad de proporcionar un método alternativo para la determinación de las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional que pueda suponer la mejora de los métodos comúnmente empleados.

El objeto de la presente solicitud consiste en proporcionar un método alternativo para la determinación de las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional, más concretamente para la determinación de los recursos o reservas mineras de un cuerpo mineral o capa mineral.

El presente método, que cumple los requisitos de trabajar en tres

dimensiones y ser plenamente informatizable, se basa en el empleo iterativo del método de triangulación sobre la extrapolación de los datos obtenidos a partir de los sondeos. Más aún, el método de la invención presenta las siguientes ventajas con respecto a los métodos conocidos en el estado de la técnica:

- cualquier cambio de parámetro de cálculo no necesita redefinir las unidades de cálculo,
- define unidades de cálculo en el espacio, las cuales pueden ser utilizadas posteriormente para planificar, dibujar y exportar a otros programas,
- se puede interpolar por cualquiera de los métodos existentes, partiendo desde el método más sencillo de asignar a cada unidad de cálculo el valor de la intersección más cercana, a aplicar el inverso de la distancia o métodos geoestadísticos.
- Representa fielmente la potencia de la capa o cuerpo mineral, dato fundamental en capas estrechas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 ilustra las perforaciones o sondeos que atraviesan un cuerpo o capa tridimensional.

La figura 2 ilustra las intersecciones originadas por los tramos de los sondeos o perforaciones que cortan un cuerpo o capa mineral.

La figura 3 muestra una unidad de cálculo, que consiste en una parte del cuerpo o capa tridimensional que presenta los mismos datos (dato 1, dato 2, etc.) después de la interpolación.

La figura 4 ilustra la superficie en el espacio del cuerpo o capa tridimensional en su punto medio definida por triangulación (**T1**), es decir, un conjunto de triángulos enlazados en el espacio que nos definen una superficie en el centro del cuerpo o capa tridimensional.

La figura 5 muestra una nube de puntos (**NPS**) generada con espaciamentos regulares en las dos direcciones principales del cuerpo o capa tridimensional.

La figura 6 muestra la nueva superficie **T2** (así como un detalle de dicha superficie) definida por triangulación de los puntos que forman la nube de puntos **NPS**.

La figura 7 muestra la representación tridimensional obtenida al aplicar el método de la presente invención.

La figura 8 ilustra la capa T1 definida por triangulación de los datos obtenidos a partir de los sondeos y de su interpolación del ejemplo 1.

5 La figura 9 muestra la nube de puntos NPS y la superficie T2 obtenida por triangulación en el ejemplo 1.

La figura 10 ilustra la ley de oro de la capa mineral del ejemplo 1.

10 Finalmente, la figura 11 muestra la vista tridimensional de la capa mineral del ejemplo 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 Para facilitar la comprensión de la presente invención, se expone a continuación el significado de algunos de los conceptos empleados en el presente texto:

20 *Cuerpo tridimensional:* cuerpo espacial, que puede ser predominante en dos de las tres dimensiones. Cuando el método se aplique para calcular recursos geológicos nos encontraremos ante un cuerpo o capa mineral.

Sondeos: perforaciones realizadas en los cuerpos o capas con el fin de obtener muestras para su análisis e interpretación.

Intersección: tramo de sondeo que corta una capa o cuerpo tridimensional.

25 *Interpolación:* método de cálculo mediante el cual definimos los datos de un punto de la capa o cuerpo tridimensional utilizando la información de las intersecciones que estén a su alrededor. Puede utilizarse desde el método más sencillo de darle el valor en ese punto de la intersección más cercana, como la media aritmética de las intersecciones que están a una distancia máxima, por el
30 inverso de la distancia elevado una potencia; o bien utilizando métodos geo-estadísticos de interpolación, Kriging, etc.. También se podrían utilizar elipsoides de búsqueda de intersecciones dando direcciones preferentes como suele ser habitual en geo-estadística.

Unidad de cálculo: Será una parte de la capa o cuerpo tridimensional que a efectos de cálculo tendrá los mismos Dato1, Dato2, etc.; que resultan de la interpolación.

5 La invención proporciona en un primer aspecto un método para la determinación de las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional que comprende:

- 10 a) generar una base de datos (**BDS**) que contiene los datos de los sondeos que definen la situación y propiedades físico-químicas del cuerpo tridimensional,
- b) definir la superficie (**T1**) en el centro espacial del cuerpo tridimensional mediante triangulación,
- c) definir sobre **T1** una nube de puntos (**NPS**) generada con espaciamientos regulares en las dos direcciones principales del cuerpo tridimensional,
- 15 d) generar, mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos **NPS**, una nueva superficie (**T2**), muy parecida a **T1** pero con el formato adecuado para la interpolación y representación gráfica,
- e) calcular, por cualquier método de interpolación, las propiedades de los puntos de **NPS** a partir de la base de datos de los sondeos **BDS**,
- 20 f) generar una nueva base de datos (**BDT2**), partiendo de los triángulos de la superficie **T2** y que contiene, para cada triángulo, los datos de las coordenadas de los vértices, los resultados de la interpolación de los vértices, así como el área de ese triángulo en el espacio,
- g) generar informes con la información deseada a partir de la base de datos **BDT2** y
- 25 h) generar representaciones gráficas tridimensionales a partir de la base de datos **BDT2**

30 Según el método de la presente invención, la base de datos **BDS** se genera en la etapa a) a partir de la información obtenida en las intersecciones (ver figuras 1 y 2) y comprende los siguientes datos:

- datos de las coordenadas (x,y,z) que definen la posición de cada sondeo (s1, s2, etc.) en el cuerpo tridimensional (intersección de los sondeos con el cuerpo tridimensional), donde las coordenadas pueden definir

bien únicamente un punto que defina el centro del cuerpo o bien un intervalo que defina el inicio y el final del cuerpo tridimensional,

- datos sobre propiedades del cuerpo tridimensional como pueden ser datos del ancho real del cuerpo tridimensional (potencia real), datos de análisis, geotécnicos, geológicos, etc. (dato 1, dato 2, etc.) para cada sondeo (s1, s2, etc.).

A continuación se efectúa la etapa b), según la cual se genera la superficie (T1) en el centro espacial del cuerpo tridimensional aplicando el método de triangulación a la base de datos BDS (ver figura 4), concretamente en base a:

- las coordenadas de los centros de los sondeos,
- la interpretación tridimensional de los datos conocidos de ese cuerpo,
- conocimiento previo de la forma que suele tener ese tipo de cuerpos.

El método de triangulación consiste en la formación de triángulos entrelazados entre los puntos que forman la base de datos. Se emplea preferiblemente un algoritmo como puede ser el algoritmo de Delaunay

En la siguiente etapa, c), se define sobre la superficie T1 una nube de puntos (NPS) generada mediante cualquier algoritmo en base a espaciamientos regulares sobre la superficie, es decir, sobre las dos direcciones principales del cuerpo tridimensional (ver figura 5). Un algoritmo posible puede ser:

- generar las líneas que definen la intersección entre la superficie y secciones paralelas equidistantes en uno de los planos principales,
- a partir de esas líneas dividirlos en segmentos iguales,
- el conjunto de vértices que definen las líneas en cada sección serán una nube de puntos equidistantes en una dirección a la separación entre las secciones y en la otra dirección en el tamaño de los segmentos.

Según la etapa d), efectuando una triangulación de los puntos de la nube de puntos NPS se genera una nueva superficie, T2, muy parecida a T1 pero con el formato adecuado para la interpolación y representación gráfica (ver figura 6).

A continuación, en la etapa e) del procedimiento se calculan las propiedades de los puntos de **NPS** por cualquier método de interpolación, como por ejemplo desde el método más sencillo de darle las propiedades del sondeo más cercano, el del inverso de la distancia elevado a una potencia, o cualquier método estadístico, a partir de la base de datos de sondeos **BDS**.

Se genera entonces una nueva base de datos (**BDT2**), partiendo de los triángulos de la superficie **T2** generada con anterioridad y que contiene, por cada triángulo, los datos de las coordenadas de los vértices, los resultados de la interpolación de los vértices, así como el área de ese triángulo en el espacio.

Finalmente, a partir de la base de datos **BDT2** es posible generar informes o representaciones gráficas de la capa o cuerpo tridimensional (ver figura 7). Para la obtención de las representaciones gráficas se puede utilizar software gráfico, y se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones (ver figura 3):

- cada triángulo será el centro de una unidad de cálculo,
- cada triángulo tendrá en cada vértice un segmento que medirá la potencia real en ese punto y con dirección la media de las perpendiculares a los planos formados por todos los triángulos que comparten ese vértice. De esta forma todos los triángulos que comparten un vértice, también comparten este segmento (arista), lo que permitirá que encajen perfectamente todas las unidades de cálculo en el espacio,
- los tres segmentos mencionados, junto a los dos triángulos que se forman uniendo sus extremos, nos definen el volumen de cada unidad de cálculo.

Un segundo aspecto de la invención consiste la aplicación del método anteriormente expuesto para la determinación de los recursos o reservas mineras de un cuerpo mineral o capa mineral. Este método comprende las siguientes etapas:

- a) generar una base de datos (**BDS**) que contiene los datos de las intersecciones de los sondeos que definen el cuerpo o capa mineral, comprendiendo esta base de datos:
- datos de las coordenadas (x,y,z) que definen la posición de cada sondeo (s1, s2, etc.) en el cuerpo o capa mineral (intersección de los sondeos con el cuerpo o capa mineral), donde las coordenadas pueden definir bien únicamente un punto que defina el centro del cuerpo o bien un intervalo que defina el inicio y el final del cuerpo tridimensional,
 - datos sobre propiedades del cuerpo o capa mineral (dato 1, dato 2, etc.) para cada sondeo (s1, s2, etc.).
- b) definir la superficie en el centro espacial del cuerpo o capa mineral (**T1**) mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos medios de cada posición de sondeo (s1, s2, etc.) o intersecciones, para ello se seguirán los siguientes pasos:
- utilizando los centros de las intersecciones de los sondeos con la capa mineral, la información de posibles afloramientos de esa capa y la interpretación geológica en cuanto a la situación de la capa en el espacio, se definirán un conjunto de puntos y líneas que estarán situados en la superficie central de la capa o cuerpo mineral,
 - con dichos puntos y líneas, y mediante el método de triangulación se definirá la superficie que forman, que será un conjunto de triángulos enlazados en el espacio,
 - se añadirán tantos puntos y líneas como sean necesarios como para que la superficie generada por triangulación, sea la más fiel representación del centro de la capa o cuerpo mineral y su extensión cubra toda la zona que queramos incluir en el estudio;
- c) definir sobre **T1** una nube de puntos (**NPS**) generada con espaciamientos regulares en las dos direcciones principales del cuerpo tridimensional, para lo cual seguiremos los siguientes pasos:
- mediante un algoritmo se rellena la superficie **T1** con puntos más o menos equidistantes entre sí,
 - la distancia entre puntos se definirá según el detalle del cálculo que se requiera y de tal forma que su representación tridimensional final sea concordante con la interpretación inicial de la capa,

- en función del algoritmo se utilice, la distancia real entre puntos no es necesariamente siempre la misma;
- d) generar, mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos **NPS**, una nueva superficie (**T2**), que será muy parecida a **T1** pero con el formato adecuado para la interpolación y representación gráfica; para lo cual se utilizará un algoritmo de triangulación a partir de esa nube de puntos,
- e) calcular, por cualquier método de interpolación, las propiedades de los puntos de **NPS** a partir de la base de datos de los sondeos **BDS**,
 - al interpolar estaremos calculando para cada punto de **NPS** las propiedades de ese cuerpo tridimensional en ese punto utilizando la información de las intersecciones de los sondeos que tenga alrededor,
 - la interpolación puede ser desde el método más sencillo de darle las propiedades de la intersección más cercana, el del inverso de la distancia elevado a una potencia, o utilizando métodos geoestadísticos como kriging u otros,
- f) generar una nueva base de datos (**BDT2**), partiendo de los triángulos de la superficie **T2** y que contiene, para cada triángulo, los datos de las coordenadas de los vértices, los resultados de la interpolación de los vértices, así como el área de ese triángulo en el espacio,
- g) generar informes con la información deseada a partir de la base de datos **BDT2**.
- h) generar una representación gráfica tridimensional a partir de la base de datos **BDT2** mediante software gráfico que permite la representación en forma tridimensional.

Del mismo modo que se menciona para el método general, para efectuar la representación gráfica tridimensional a partir de la base de datos **BDT2** se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- cada triángulo será el centro de una unidad de cálculo,
- cada triángulo tendrá en cada vértice un segmento que medirá la potencia real en ese punto y con dirección la media de las perpendiculares a los planos formados por todos los triángulos que comparten ese vértice. De esta forma todos los triángulos que

comparten un vértice, también comparten este segmento (arista), lo que permitirá que encajen perfectamente todas las unidades de cálculo en el espacio,

- los tres segmentos mencionados, junto a los dos triángulos que se forman uniendo sus extremos, nos definen el volumen de cada unidad de cálculo.

El siguiente ejemplo sirve para ilustrar la invención.

EJEMPLO 1

Se efectúa un cálculo de reservas de oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu) y arsénico (As) de una capa mineral, en particular de la ley de oro de dicha capa mineral. Para ello, se genera la siguiente base de datos (**BDS**; tabla 1) a partir de los datos de las intersecciones de los sondeos de la capa de mineral de la cual se pretende determinar sus reservas.

Tabla 1: Base de datos de las intersecciones de los sondeo (BDS)

Sondeo	X1	y1	Z1	X2	Y2	z2	P_R	<Au>	<Ag>	<Cu>	<As>
C1	3410.56	4743.39	34.48	3408.74	4743.11	32.36	1.03	15157	9.8	8964	1710
C2	3484.50	4752.75	-3.93	3484.50	4752.75	-4.97	0.62	2900	0.5	140	22000
C14	3504.01	4705.67	62.66	3504.12	4704.50	61.46	1.59	50	0.2	210	100
C48	3447.84	4717.71	72.27	3447.66	4717.53	72.03	0.31	112000	265.0	87000	1500
C50	3360.35	4732.75	91.48	3359.18	4732.60	90.27	1.13	1400	3.3	1500	500
C54	3424.93	4795.93	-19.36	3424.92	4795.93	-19.84	0.35	600	0.4	220	2500
C56	3381.05	4789.08	4.58	3380.78	4789.04	3.67	0.67	3800	3.2	7200	2000
C1006	3428.36	4735.83	46.56	3429.24	4736.23	46.3	0.35	6900	6.2	5800	5384
C1008	3410.86	4731.38	58.20	3411.97	4732.12	58.1	0.77	2050	15.7	9200	2335
C1009	3432.70	4717.43	69.83	3435.27	4719.15	68.18	1.22	6430	4.9	6793	158
C1012	3399.93	4722.64	70.98	3399.21	4722.04	70.98	0.59	2050	0.5	570	1387
C1028	3450.20	4729.57	43.21	3448.07	4728.15	43.21	1.62	8433	10.4	16579	1672
C1030	3428.60	4743.34	42.44	3427.98	4742.89	42.44	0.65	2200	1.3	1800	2101
C1033	3394.24	4748.73	43.12	3393.43	4748.12	43.15	0.73	1950	0.3	110	2725
C1036	3381.13	4742.83	56.76	3381.90	4743.37	56.74	0.67	3900	17.4	5700	334
C1038	3361.55	4761.40	49.45	3361.32	4761.26	49.22	0.31	5400	9.0	9200	240
C1040	3350.95	4752.76	68.64	3350.35	4752.35	68.24	0.75	1400	3.4	850	35000
C1041	3396.22	4723.10	74.37	3396.86	4723.58	75.07	0.98	800	0.1	0	3900

C1042	3415.62	4703.39	91.20	3413.79	4701.84	88.97	3.03	9992	6.3	5433	15114
C1043	3385.21	4716.70	99.86	3384.44	4716.24	99.11	1.06	1975	2.4	1200	253
C1044	3399.21	4753.59	31.22	3398.36	4753.02	30.68	0.99	2575	1.8	1200	2552
C1045	3379.32	4768.75	27.37	3378.21	4767.86	26.63	1.44	6001	1.3	1334	58372
C1046	3422.80	4740.28	35.56	3422.20	4739.90	34.91	0.56	4400	3.7	2300	200
C1048	3342.73	4775.78	33.40	3342.52	4775.66	32.77	0.50	2800	0.2	65	37000
C1069	3363.54	4790.62	5.03	3359.31	4787.81	3.28	3.88	8317	1.1	230	9237
C1085	3416.09	4767.54	10.32	3416.34	4767.71	10.5	0.31	10800	1.5	570	7100
C1086	3419.46	4770.61	3.27	3420.04	4771.04	3.17	0.46	1400	1.2	880	1300
C1089	3375.24	4738.38	69.34	3375.65	4738.66	69.99	0.71	4850	8.4	4000	4400
C1091	3469.66	4744.69	10.87	3470.87	4745.64	11.43	1.32	1200	0.0	1	260
C1092	3460.13	4737.64	28.63	3461.26	4738.52	30.53	1.98	7563	21.4	18584	1244
C1094	3453.25	4699.67	87.66	3451.72	4698.62	85.83	1.79	8908	11.2	14172	7732
C1095	3463.88	4706.83	66.07	3463.73	4706.72	65.37	0.46	8800	5.6	9700	1
C1096	3491.66	4730.12	23.31	3491.67	4730.13	23.31	0.01	0	0.0	1	1
C1097	3478.95	4719.08	43.68	3479.15	4719.27	44.57	0.69	3550	1.1	200	7600
C1101	3479.22	4695.63	92.56	3479.34	4695.22	92.13	0.51	0	0.5	70	1
C1102	3449.92	4756.86	-0.02	3452.86	4758.67	-0.2	1.47	4872	11.3	8561	596
C1103	3435.55	4750.75	15.95	3437.39	4752.27	17.56	2.67	8184	7.7	7286	1003
C1104	3349.80	4724.32	116.14	3350.52	4724.90	116.46	0.84	950	0.6	560	920
INT103	3433.87	4710.28	71.03	3435.80	4712.07	71.05	1.56	4990	2.4	3418	455

donde:

- (x_1, y_1, z_1) y (x_2, y_2, z_2) , son las coordenadas inicial y final de la intersección del sondeo con la capa.
- P_R es la potencia real de la capa en cada intersección.
- $\langle Au \rangle$, $\langle Ag \rangle$, $\langle Cu \rangle$ y $\langle As \rangle$ son las propiedades de la capa en cada intersección, en este caso son datos analíticos de los elementos Au, Ag, Cu y As.

En base a las coordenadas de los centros de las intersecciones y la interpretación geológica se define por triangulación una superficie (**T1**) que representa el centro de la capa (ver figura 8).

A continuación, sobre la superficie anterior **T1** se define la nube de puntos (**NPS**) y acto seguido la triangulación **T2** (ver figura 9).

Así para cada vértice tenemos sus coordenadas y los resultados de la interpolación, y para cada triángulo de **T2** tendremos la información de los tres vértices que lo forman, así el triángulo representado en la tabla siguientes, sería el formado por los vértices 30038000070, 30038500060 y 30039000060, donde cada vértice tiene unos valores de potencia real (P_R) y de $\langle Au \rangle$, $\langle Ag \rangle$, $\langle Cu \rangle$ y $\langle As \rangle$ que salen de la interpolación de las intersecciones de los sondeos que están a su alrededor y que también se representan en la tabla.

En este caso la interpolación se ha realizado por el inverso de la distancia elevado a tres y las distancias (Dist. en la tabla) son las distancias entre el punto y los centros de las intersecciones de los sondeos.

$$g = [g_i / (d_i)^P] / [1 / (d_i)^P]$$

g = resultado de la interpolación.

g_i = dato de la intersección i .

d_i = distancia desde el centro de la intersección i y el punto que se está interpolando.

$$P = 3$$

5

10

15

20

NPSID	Dist	Sondeo	P_R	<Au>	<Ag>	<Cu>	<As>
30038000070	23.9	C1043	1.06	1,975	2.4	1,200	253
30038000070	26.9	C1041	0.98	800	0.1	0	3,900
30038000070	30.1	C1042	3.03	9,992	6.3	5,433	15,114
30038000070	32.4	C1012	0.59	2,050	0.5	570	1,387
30038000070	45.3	C1089	0.71	4,850	8.4	4,000	4,400
30038000070			1.31	3,303	2.6	1,725	4,281
30038500060	19.5	C1043	1.06	1,975	2.4	1,200	253
30038500060	30.5	C1041	0.98	800	0.1	0	3,900
30038500060	34.6	C1042	3.03	9,992	6.3	5,433	15,114
30038500060	36.5	C1012	0.59	2,050	0.5	570	1,387
30038500060	45.0	C1089	0.71	4,850	8.4	4,000	4,400
30038500060			1.2	2,793	2.6	1,542	2,715
30039000060	17.4	C1043	1.06	1,975	2.4	1,200	253
30039000060	29.5	C1041	0.98	800	0.1	0	3,900
30039000060	35.9	C1012	0.59	2,050	0.5	570	1,387
30039000060	36.5	C1042	3.03	9,992	6.3	5,433	15,114
30039000060	42.3	C1089	0.71	4,850	8.4	4,000	4,400
30039000060			1.14	2,534	2.5	1,424	2,115
Total			1.22	2,877	2.5	1,564	3,037

25

La fila última de la de la tabla anterior representará la media aritmética de los valores de P_R, <Au>, <Ag>, <Cu> y <As> en los tres vértices de ese triángulo, que junto con el área del triángulo nos completará toda la información necesaria para ese triángulo en la generación de los informes con los cálculos y para su representación gráfica tridimensional.

30

Así por ejemplo separando de la base de datos BDT2 las unidades de cálculo (triángulos) que cumplen que tienen una ley de <Au> mayor de 4000 y agrupando por categorías, según la intersección más cercana tendremos la tabla de datos siguientes:

Tipo	Tons	P_R	<Au>	<Ag>	<Cu>	<As>
1	18168.00	1.22	8991.46	10.27	8292.79	8278.24
2	18758.00	0.99	7769.65	8.18	7108.28	9034.97
3	13152.00	1.38	7504.29	4.54	4219.00	12319.37
4	6940.00	1.40	7721.18	6.02	5625.34	9479.52
Total	57017.00	1.18	8091.86	7.74	6638.76	9605.54

En la figura 10 se puede apreciar según la ley de <Au> los triángulos de la tabla anterior. Finalmente, en la figura 11 se puede ver una vista tridimensional de las unidades de cálculo generada con un visualizador 3D. Para una mejor representación tridimensional las unidades se han separado ligeramente entre si.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar las propiedades físico-químicas de un cuerpo tridimensional que comprende las siguientes etapas:

5

a) generar una base de datos (**BDS**) que contiene los datos de los sondeos que definen la situación y propiedades físico-químicas del cuerpo tridimensional,

b) definir la superficie (**T1**) en el centro espacial del cuerpo tridimensional mediante triangulación,

10

c) definir sobre **T1** una nube de puntos (**NPS**) generada con espaciamientos regulares en las dos direcciones principales del cuerpo tridimensional,

d) generar, mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos **NPS**, una nueva superficie (**T2**), que será muy parecida a **T1** pero con el formato adecuado para la interpolación y representación gráfica,

15

e) calcular, por cualquier método de interpolación, las propiedades de los puntos de **NPS** a partir de la base de datos de los sondeos **BDS**,

f) generar una nueva base de datos (**BDT2**), partiendo de los triángulos de la superficie **T2** y que contiene, para cada triángulo, los datos de las coordenadas de los vértices, los resultados de la interpolación de los vértices, así como el área de ese triángulo en el espacio,

20

g) generar informes con la información deseada a partir de la base de datos **BDT2**, y

h) generar representaciones gráficas tridimensionales a partir de la base de datos **BDT2**.

25

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la base de datos **BDS** generada en la etapa a) comprende los siguientes datos:

- datos de las coordenadas (x,y,z) que definen la posición de cada sondeo (s1, s2, etc.) en el cuerpo tridimensional (intersección de los sondeos con el cuerpo tridimensional), donde las coordenadas pueden definir bien únicamente un punto que defina el centro del cuerpo o bien un intervalo que defina el inicio y el final del cuerpo tridimensional,

30

- datos sobre propiedades del cuerpo tridimensional dato 1, dato 2, etc.) para cada sondeo (s1, s2, etc.).

3. Método según las reivindicaciones anteriores caracterizado porque la superficie **T1** definida en la etapa b) se genera aplicando el método de triangulación a partir de:

- las coordenadas de los centros de los sondeos,
- de la interpretación tridimensional de los datos conocidos de ese cuerpo,
- por conocimiento previo de la forma que suele tener ese tipo de cuerpos.

4. Método según las reivindicaciones anteriores caracterizado porque la nube de puntos **NPS** definida en la etapa c) se genera con cualquier algoritmo en base a espaciamientos regulares sobre la superficie.

5. Método según las reivindicaciones anteriores caracterizada porque para la generación de la superficie **T2** de acuerdo con la etapa d) se utiliza un algoritmo de triangulación a partir de la **NPS**.

6. Método según las reivindicaciones anteriores caracterizado porque en la interpolación efectuada en la etapa e) a partir de la base de datos de sondeos **BDS** se utiliza la información de los sondeos de alrededor y el método de interpolación empleado puede ser desde el método más sencillo de darle las propiedades del sondeo más cercano, el del inverso de la distancia elevado a una potencia, o cualquier método estadístico.

7. Método según las reivindicaciones anteriores caracterizado porque la representación gráfica generada en la etapa h) a partir de la base de datos **BDT2** se efectúa mediante software gráfico que permite la representación tridimensional de su forma y propiedades.

8. Método según las reivindicaciones anteriores para la determinación de los recursos o reservas mineras de un cuerpo mineral o capa mineral que comprende las siguientes etapas:

a) generar una base de datos (**BDS**) que contiene los datos de las intersecciones de los sondeos que definen el cuerpo o capa mineral, comprendiendo esta base de datos:

- datos de las coordenadas (x,y,z) que definen la posición de cada sondeo (s1, s2, etc.) en el cuerpo o capa mineral (intersección de los sondeos con el cuerpo o capa mineral), donde las coordenadas pueden definir bien únicamente un punto que defina el centro del cuerpo o bien un intervalo que defina el inicio y el final del cuerpo tridimensional,
- datos sobre propiedades del cuerpo o capa mineral (dato 1, dato 2, etc.) para cada sondeo (s1, s2, etc.).

b) definir la superficie en el centro espacial del cuerpo o capa mineral (**T1**) mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos medios de cada posición de sondeo (s1, s2, etc.) o intersecciones, para ello se seguirán los siguientes pasos:

- utilizando los centros de las intersecciones de los sondeos con la capa mineral, la información de posibles afloramientos de esa capa y la interpretación geológica en cuanto a la situación de la capa en el espacio, se definirán un conjunto de puntos y líneas que estarán situados en la superficie central de la capa o cuerpo mineral,
- con dichos puntos y líneas, y mediante el método de triangulación se definirá la superficie que forman, que será un conjunto de triángulos enlazados en el espacio,
- se añadirán tantos puntos y líneas como sean necesarios como para que la superficie generada por triangulación, sea la más fiel representación del centro de la capa o cuerpo mineral y su extensión cubra toda la zona que queramos incluir en el estudio;

c) definir sobre **T1** una nube de puntos (**NPS**) generada con espaciamientos regulares en las dos direcciones principales del cuerpo tridimensional, para lo cual seguiremos los siguientes pasos:

- mediante un algoritmo se rellena la superficie **T1** con puntos más o menos equidistantes entre sí,
- la distancia entre puntos se definirá según el detalle del cálculo que se requiera y de tal forma que su representación tridimensional final sea concordante con la interpretación inicial de la capa,

- en función del algoritmo se utilice, la distancia real entre puntos no es necesariamente siempre la misma;
- d) generar, mediante la formación de triángulos enlazados entre los puntos **NPS**, una nueva superficie (**T2**), que será muy parecida a **T1** pero con el formato adecuado para la interpolación y representación gráfica; para lo cual se utilizará un algoritmo de triangulación a partir de esa nube de puntos,
- e) calcular, por cualquier método de interpolación, las propiedades de los puntos de **NPS** a partir de la base de datos de los sondeos **BDS**,
 - al interpolar estaremos calculando para cada punto de **NPS** las propiedades de ese cuerpo tridimensional en ese punto utilizando la información de las intersecciones de los sondeos que tenga alrededor,
 - la interpolación puede ser desde el método más sencillo de darle las propiedades de la intersección más cercana, el del inverso de la distancia elevado a una potencia, o utilizando métodos geoestadísticos como kriging u otros,
- f) generar una nueva base de datos (**BDT2**), partiendo de los triángulos de la superficie **T2** y que contiene, para cada triángulo, los datos de las coordenadas de los vértices, los resultados de la interpolación de los vértices, así como el área de ese triángulo en el espacio,
- g) generar informes con la información deseada a partir de la base de datos **BDT2**.
- h) generar una representación gráfica tridimensional a partir de la base de datos **BDT2** mediante software gráfico que permite la representación en forma tridimensional.

1/9

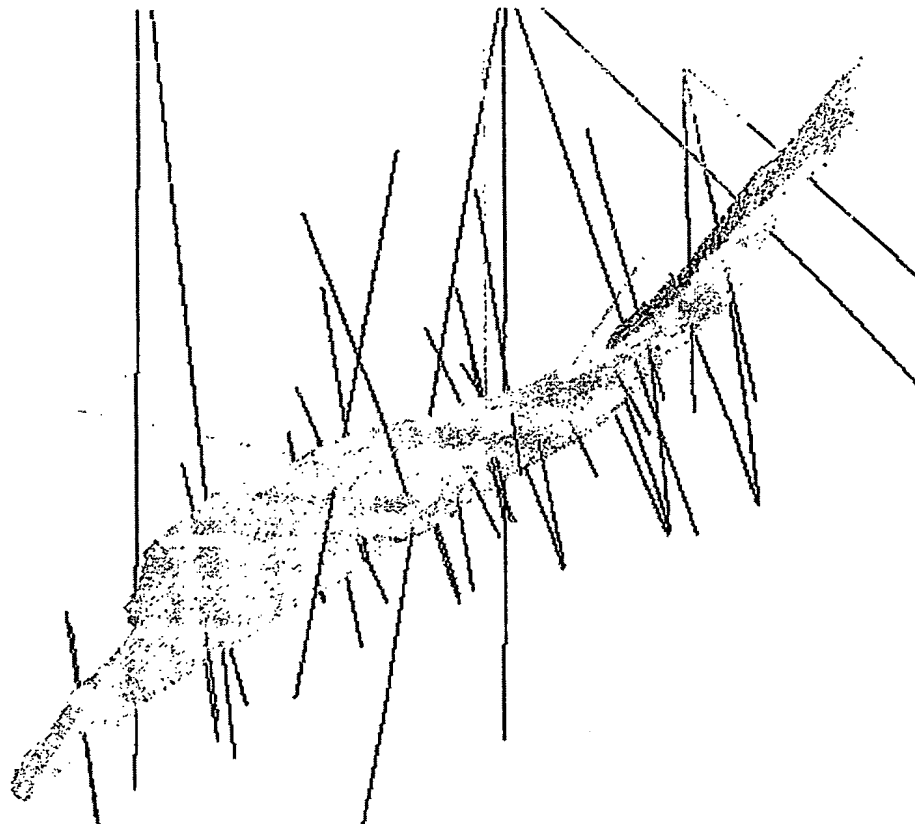


FIG. 1

2/9

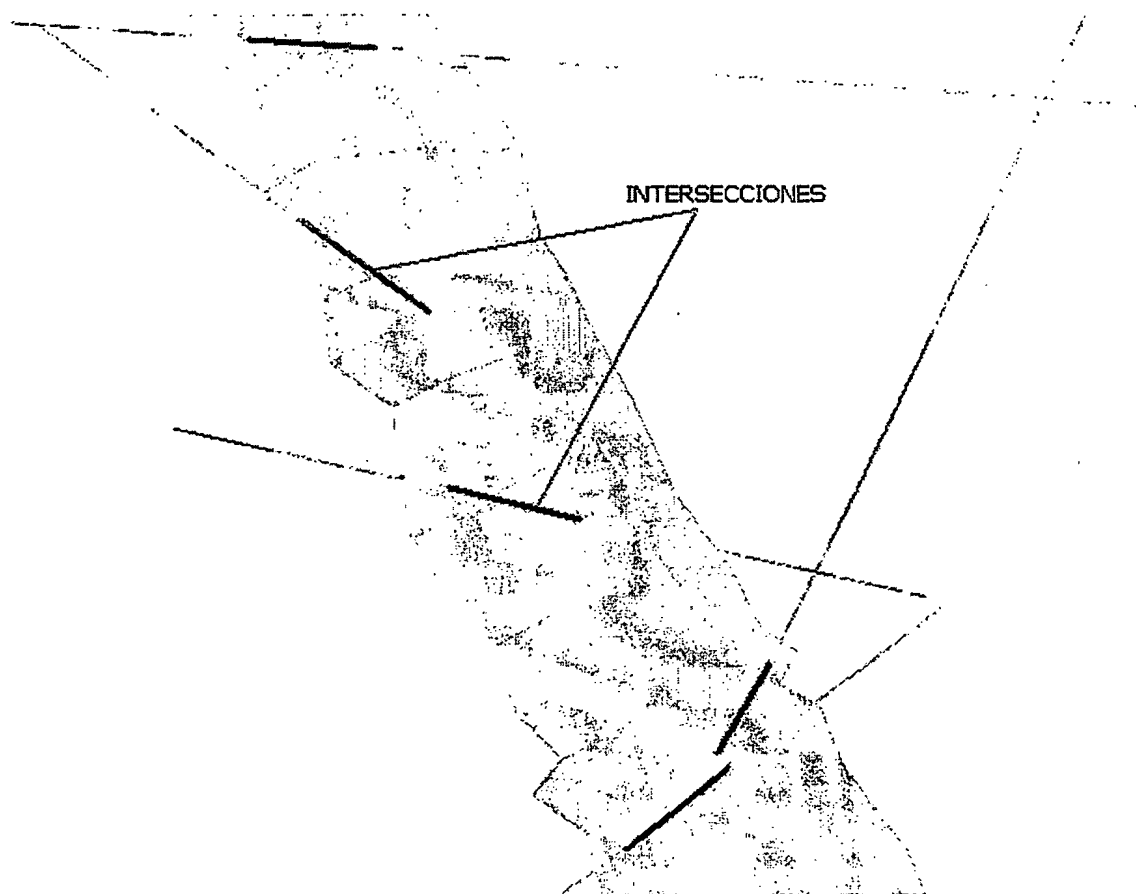


FIG. 2

3/9

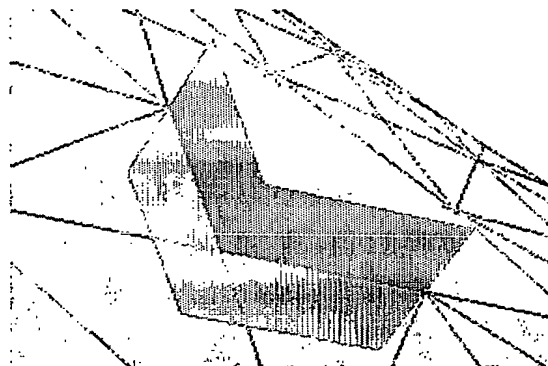


FIG. 3

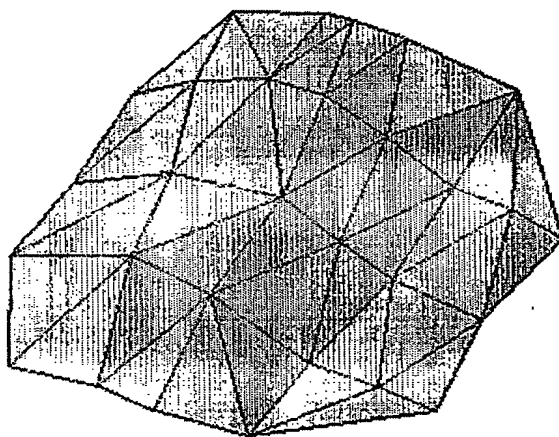


FIG. 4

4/9

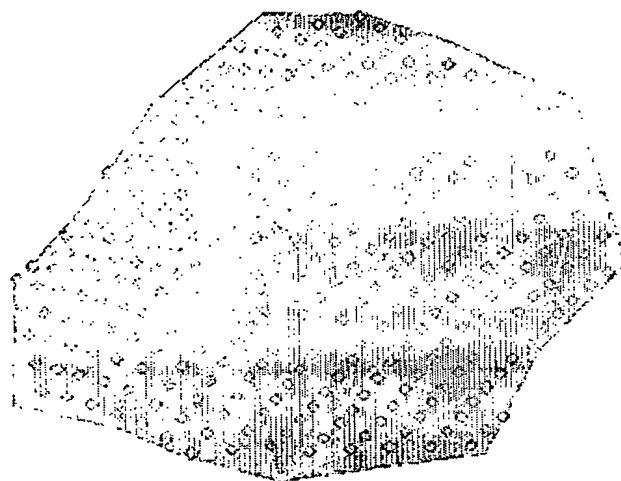


FIG. 5

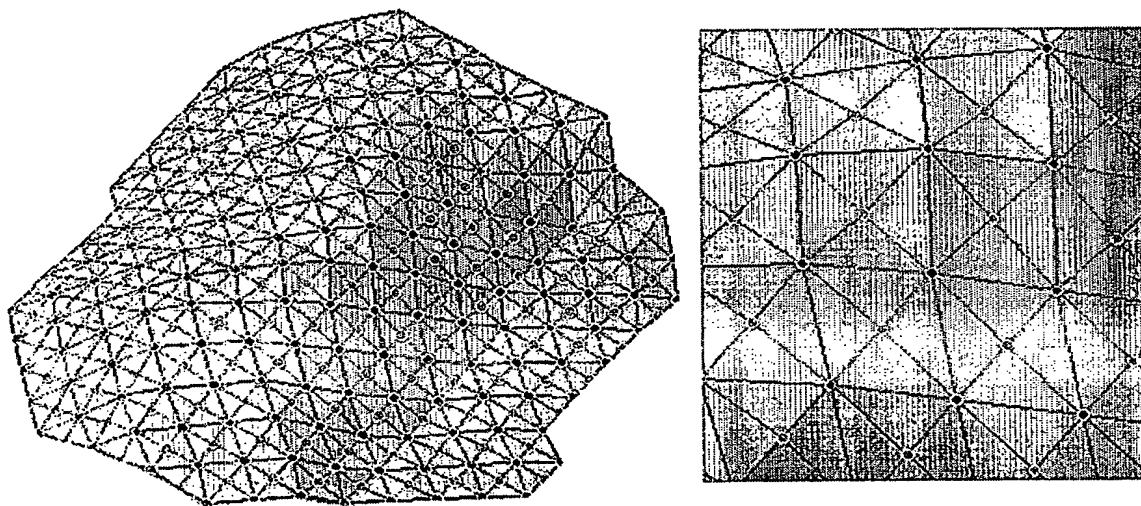


FIG. 6

5/9



FIG. 7

8/9

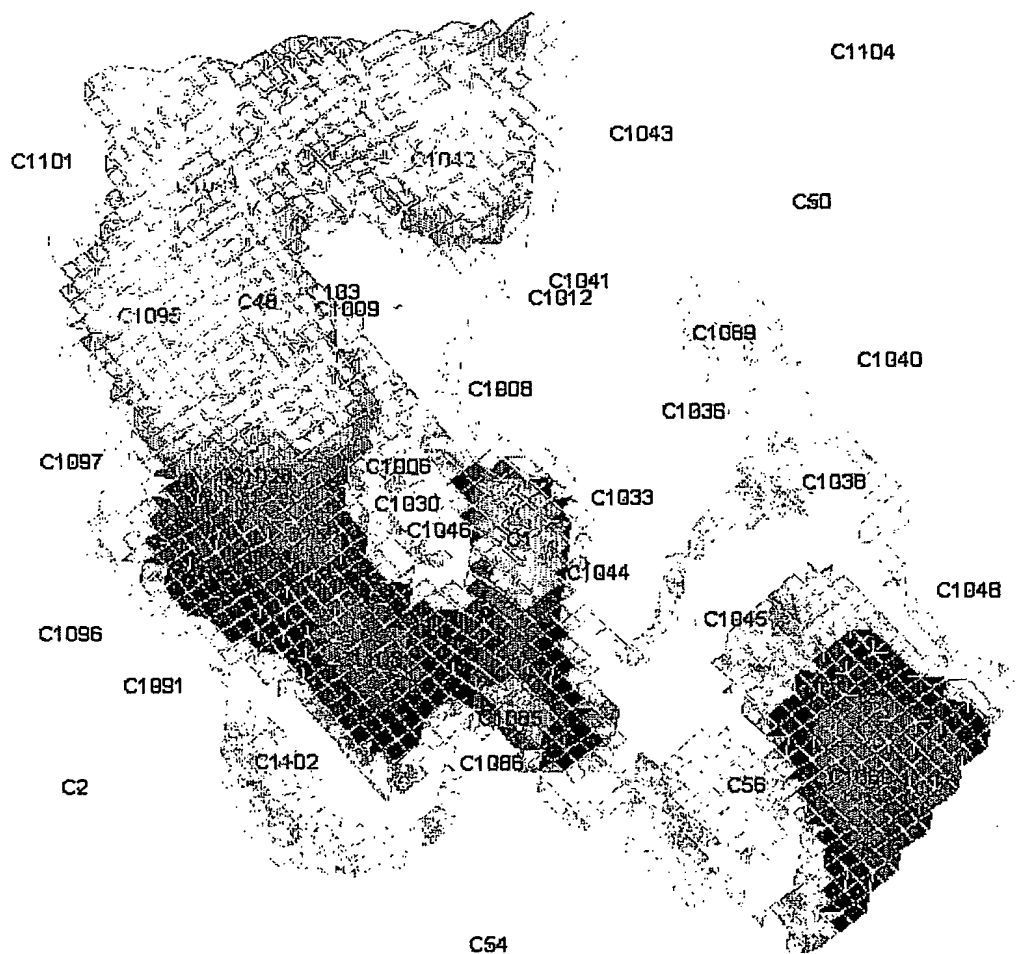


FIG. 10

9/9

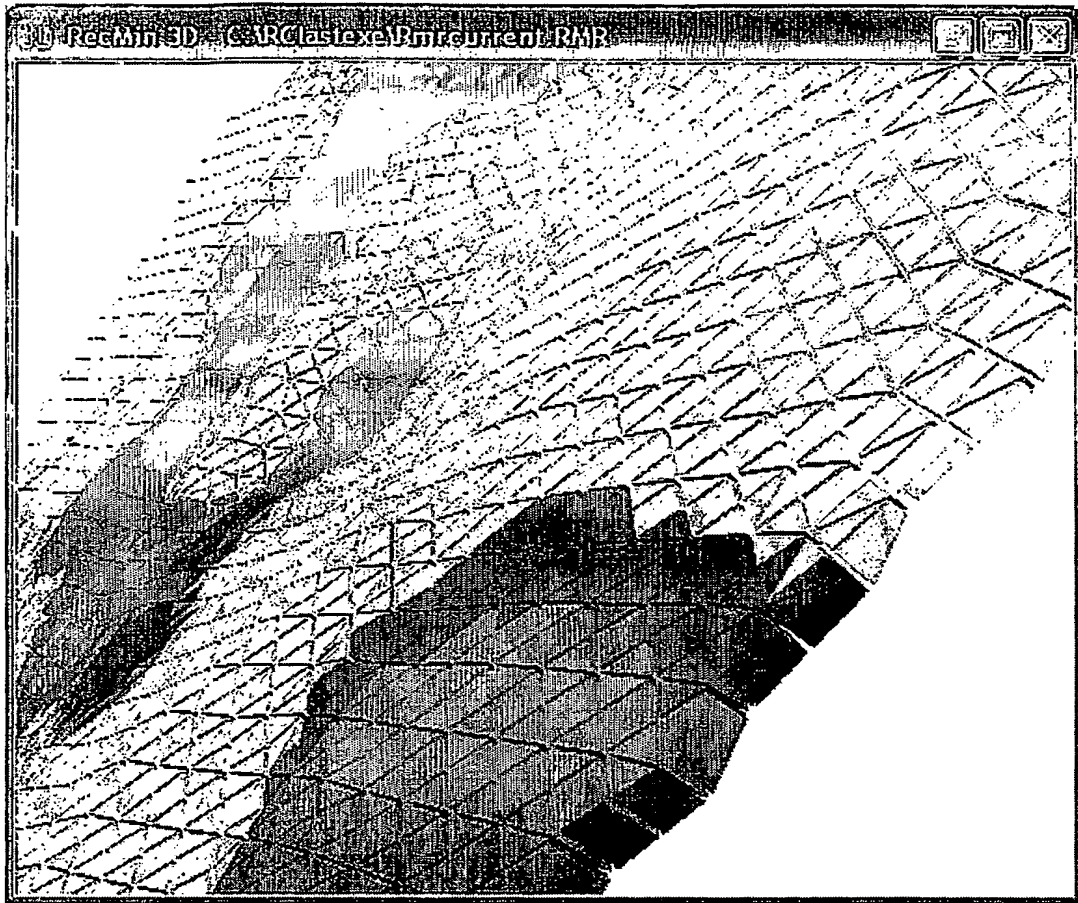


FIG. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES/03/00117

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

CIP⁷ G06T 17/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

CIP⁷ G06T 17/00, G01N, G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, PAJ, CIBEPAT

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002072883 A1 (LIM et al.) 13.06.2002, the whole document	1-8
X	US 5844564 A (BENNIS et al.) 01.12.1998, the whole document	1-8
Y	US 5740342 A (KOCBERBER) 14.04.1998, the whole document	1-8
Y	US 6256603 B1 (CELNIKER) 03.07.2001, the whole document	1-8
A	US 2001056339 A1 (ROBINSON et al.) 27.12.2001, the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 April 2003 (29.04.03)

Date of mailing of the international search report

12 May 2003 (12.05.03)

Name and mailing address of the ISA/ **S.P.T.O.**

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.

Facsimile No. n° de fax **+34 91 3495304**

Authorized officer

Manuel Fluvià Rodríguez

Telephone No. **+ 34 91 3495386**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ES/03/00117

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002072883 A1	13.06.2002	WO 0201251 A	03.01.2002
		AU 7171201 A	08.01.2002
		WO 0203264 A	10.01.2002
		WO 0203263 A	10.01.2002
		WO 0203262 A	10.01.2002
		WO 0203103 A	10.01.2002
		WO 0203101 A	10.01.2002
		WO 0202901A	10.01.2002
		WO 0203265 A	10.01.2002
		AU 7585201 A	14.01.2002
		AU 7171001 A	14.01.2002
		AU 7163301 A	14.01.2002
		AU 7162901 A	14.01.2002
		AU 7162801 A	14.01.2002
		AU 7026501 A	14.01.2002
		AU 7311001 A	14.01.2002
		US 2002032550 A	14.03.2002
		US 2002032494 A	14.03.2002
		US 2002035453 A	21.03.2002
		US 2002046014 A	18.04.2002
		NO 20020994 A	22.04.2002
		NO 20020995 A	24.04.2002
		US 2002050993 A	02.05.2002
		US 2002067373 A	06.06.2002
		US 2002082813 A	27.06.2002
		CN 1386201 T	18.12.2002
		CN 1386200 T	18.12.2002
		NO 20026173 A	13.02.2003
		EP 1299751 A	09.04.2003
		EP 1299750 A	09.04.2003
		EP 1299749 A	09.04.2003
		EP 1299752 A	09.04.2003
US 5844564 A	01.12.1998	NO 971678 A	13.10.1997
		NO 309548 B	12.02.2001
		EP 0801364 A	15.10.1997
		FR 2747490 AB	17.10.1997
US 5740342 A	14.04.1998	NONE	
US 6256603 B1	03.07.2001	WO 9827444 A	25.06.1998
		US 5905657 A	18.05.1999
		EP 0951652 A	27.10.1999
US 2001056339 A1	27.12.2001	CA 2353974 A	22.06.2000
		WO 0036438 A	22.06.2000
		AU 1677200 A	03.07.2000
		EP 1147436 A	24.10.2001

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES/03/00117

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP⁷ G06T 17/20

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ G06T 17/00, G01N, G01V

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, WPI, PAJ, CIBEPAT

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las Reivindicaciones.
X	US 2002072883 A1 (LIM et al.) 13.06.2002, todo el documento.	1-8
X	US 5844564 A (BENNIS et al.) 01.12.1998, todo el documento.	1-8
Y	US 5740342 A (KOCBERBER) 14.04.1998, todo el documento.	1-8
Y	US 6256603 B1 (CELNIKER) 03.07.2001, todo el documento.	1-8
A	US 2001056339 A1 (ROBINSON et al.) 27.12.2001, todo el documento.	1-8

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" Documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"I" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"Z" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional: 29 de abril de 2003

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional
12 MAY 2003 12.05.03

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.

Funcionario autorizado: Manuel Fluvià Rodríguez

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.
nº de fax +34 91 3495304

nº de teléfono + 34 91 3495386

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL
Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°
PCT/ES/03/00117

Documento de patente citado En el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US 2002072883 A1	13.06.2002	WO 0201251 A	03.01.2002
		AU 7171201 A	08.01.2002
		WO 0203264 A	10.01.2002
		WO 0203263 A	10.01.2002
		WO 0203262 A	10.01.2002
		WO 0203103 A	10.01.2002
		WO 0203101 A	10.01.2002
		WO 0202901A	10.01.2002
		WO 0203265 A	10.01.2002
		AU 7585201 A	14.01.2002
		AU 7171001 A	14.01.2002
		AU 7163301 A	14.01.2002
		AU 7162901 A	14.01.2002
		AU 7162801 A	14.01.2002
		AU 7026501 A	14.01.2002
		AU 7311001 A	14.01.2002
		US 2002032550 A	14.03.2002
		US 2002032494 A	14.03.2002
		US 2002035453 A	21.03.2002
		US 2002046014 A	18.04.2002
		NO 20020994 A	22.04.2002
		NO 20020995 A	24.04.2002
		US 2002050993 A	02.05.2002
		US 2002067373 A	06.06.2002
		US 2002082813 A	27.06.2002
		CN 1386201 T	18.12.2002
		CN 1386200 T	18.12.2002
		NO 20026173 A	13.02.2003
		EP 1299751 A	09.04.2003
		EP 1299750 A	09.04.2003
		EP 1299749 A	09.04.2003
		EP 1299752 A	09.04.2003
US 5844564 A	01.12.1998	NO 971678 A	13.10.1997
		NO 309548 B	12.02.2001
		EP 0801364 A	15.10.1997
		FR 2747490 AB	17.10.1997
US 5740342 A	14.04.1998	NINGUNO	
US 6256603 B1	03.07.2001	WO 9827444 A	25.06.1998
		US 5905657 A	18.05.1999
		EP 0951652 A	27.10.1999
US 2001056339 A1	27.12.2001	CA 2353974 A	22.06.2000
		WO 0036438 A	22.06.2000
		AU 1677200 A	03.07.2000
		EP 1147436 A	24.10.2001